

A CONTRIBUIÇÃO DA TEORIA DA ATIVIDADE NA COMPREENSÃO DOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA NO ENSINO SUPERIOR

Fábio Augusto Rodrigues Silva
Universidade Federal de Ouro Preto

Eduardo Fleury Mortimer
Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO: O caráter social e histórico da produção de conhecimentos científicos e da educação científica tem incentivado a aceitação da Teoria da Atividade como um referencial importante para análise dos processos de ensino e aprendizagem de ciências. Neste sentido, utilizamos aportes teóricos e metodológicos dessa teoria para análise de uma disciplina que oferece atividades de ensino por investigação a alunos de um curso superior para a formação de biólogos. O emprego desse referencial nos permitiu delinear a estrutura da atividade e destacar como se dá a emergência e o desenvolvimento das práticas e operações epistêmicas no desenvolvimento de uma atividade de investigação científica escolar.

PALAVRAS CHAVE: Atividade investigativa, teoria da atividade, ensino superior, operações epistêmicas

OBJETIVOS

Caracterizar a estrutura de uma atividade de ensino de ciências por investigação de um curso de formação de biólogos.

Explicitar o que se aprende e como se aprende quando se vivencia uma atividade investigativa no ensino superior.

MARCO TEÓRICO

Esse trabalho traz um estudo acerca dos processos de ensino e aprendizagem da disciplina «Projeto de Bioquímica» que é oferecida a turmas de bacharelado de um curso de ciências biológicas. Dedicamos-nos a análise de como a vivência das práticas epistêmicas em atividades de ensino por investigação

podem contribuir na produção do conhecimento científico escolar. Kelly e Duschl (2002) definem as práticas epistêmicas como aquelas que estão relacionadas às ações de produção, comunicação e avaliação do conhecimento. Elas são compreendidas como um dos elementos que podem ser utilizados para análise de ambientes de aprendizagem científica, principalmente os que se caracterizam pela promoção de atividades investigativas (Sandoval, 2005, Kelly, 2005). Sandoval (2005) defende ainda que ambientes de aprendizagem que propiciam a vivência de práticas epistêmicas poderiam contribuir na produção de um conhecimento mais sofisticado sobre a natureza das ciências.

Entre os referenciais teóricos sobre práticas epistêmicas que utilizamos neste estudo, destacamos a Teoria da Atividade (Leontiev, 2004 Engeström, 1987), que nos permitiu descrever e analisar a estrutura e a dinâmica da disciplina e da atividade de investigação de um grupo de estudantes. Para o estudo da aprendizagem de habilidades científicas, nos inspiramos nas possibilidades de transformações entre níveis da atividade humana. Leontiev (2004) destacou que quando ocorre uma complexificação das operações de trabalho e dos instrumentos é possível ocorrer a metamorfose das ações em operações de um tipo novo, denominado de operações conscientes. Elas se originariam em processos produtivos que exigem um sistema de ações subordinadas umas às outras, um sistema de objetivos conscientes que entram em um processo único, se constituindo em uma ação complexa. Nessa situação, Leontiev (2004, p.110) descreve que:

...o conteúdo que outrora ocupava, na estrutura, o lugar de fins conscientes de ações parciais, ocupa doravante na estrutura da ação complexa, o lugar de condições de realização da ação. Isso significa que doravante as operações e ações podem entrar no domínio do consciente.

Dessa forma, as operações conscientes se desenvolvem como ações, como intervenções dirigidas a um objetivo e, posteriormente, podem se transformar em habilidades, que são desempenhadas de forma automática, sem serem diretamente tematizadas na consciência.

Em nossa análise, nós procuramos relacionar as práticas epistêmicas às operações, ou seja, como meios para a execução das ações de construção do conhecimento científico. Entende-se que as ações desenvolvidas na disciplina, tanto de comunicação quanto de produção, são realizadas por meio das operações epistêmicas que podem ser laborais, comunicativas ou avaliativas. As operações epistêmicas seriam consideradas como meios que são utilizados pelos sujeitos para alcançar o objetivo de uma ação de construção do conhecimento científico escolar. Elas podem ser evidenciadas pela análise dos atos e das interações discursivas dos sujeitos e podem ser aprendidas durante o desenvolvimento do projeto de investigação escolar.

METODOLOGIA

Ao longo de um semestre letivo, acompanhamos um grupo composto por sete alunos que se dedicava a um projeto de investigação: a fabricação de um repelente natural contra uma espécie de formiga muito comum nas residências, denominada *formiga-fantasma*. Na disciplina, eles eram orientados por três professores.

Eles desenvolveram um experimento simples que consistia na produção de um extrato, primeiro de cebolinha, e depois de cravo da índia. O extrato de cravo da índia foi o que se mostrou eficaz e por isso o investimento do grupo nessa planta. Ele era aplicado em gotas sobre uma superfície, formando uma barreira no formato de um grande retângulo. As formigas eram colocadas no centro do retângulo e por um tempo pré-determinado eram observadas. Nessa observação, os alunos estabeleciam uma relação entre o número de formigas que saíam do halo e as que ficavam, o que os permitia estabelecer um parâmetro para inferir sobre a eficiência da substância pesquisada quanto a sua capacidade de repelir as formigas.

Foram feitas filmagens com duas câmeras que resultaram em uma amostra constituída por 4 aulas de apresentação do andamento dos projetos (sala de aula) e 8 aulas de experimentos (laboratório) e 1 aula de apresentação de banner. Além disso, realizamos entrevistas, registramos observações em caderno de campo e obtivemos as produções escritas dos alunos. Essas produções consistiam em um artigo no formato de publicação científica e em um relatório de atividades, que é um material de caráter reflexivo.

De posse desses dados, esquematizamos um diagrama da atividade que se baseou no modelo de Engeström (1987), mas que sofreu algumas modificações que julgamos adequadas para a situação de tarefa de educação científica.

Para o estudo do desenvolvimento da atividade adotamos a divisão por níveis da atividade humana proposta por Leontiev (2004). Definimos que a atividade consistia na investigação do grupo ao longo do semestre. As ações dos alunos estariam relacionadas aos objetivos de cada aula, seja de apresentação de projetos, realizada em sala de aula, ou de investigação, que acontecia nos laboratórios. Essa definição também permitiu relacionar as práticas epistêmicas ao nível das operações, ou seja, como meios necessários para a realização das ações. Com isso, produzimos um mapeamento geral das aulas no semestre, e posteriormente uma divisão das aulas em episódios, que nos permitiu descrever as ações dos sujeitos a cada aula e identificar os principais eventos que moldaram e transformaram a atividade durante o semestre.

RESULTADOS

A análise da atividade do grupo nos permitiu propor a representação apresentada na figura 1.

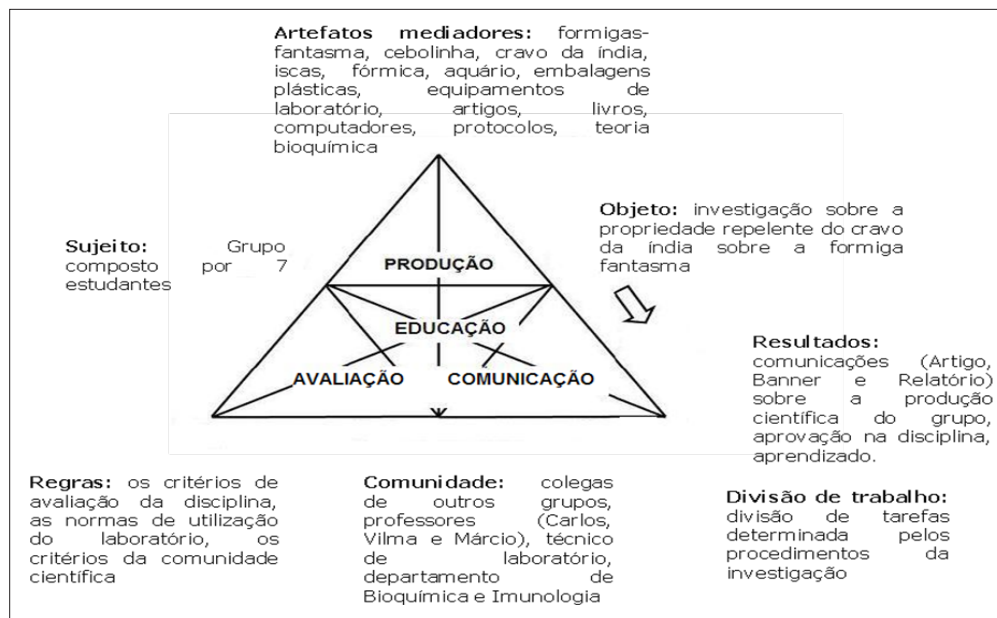


Fig. 1. Modelo da atividade de investigação sobre a propriedade repelente do cravo da Índia sobre a formiga fantasma realizada pelo grupo

Analisando o ambiente de aprendizagem da disciplina e o engajamento do grupo, considera-se que a atividade se caracteriza como experiência de ensino de ciências por investigação desenvolvida com grande autonomia, com os integrantes dedicados ao estudo de um problema autêntico. Isso pode ser evidenciado pela fala de um dos professores, quando avaliou a apresentação do banner do grupo (Figura 2).

Turno de fala do professor na aula 13.

Professor: (...) o grupo de vocês foi um dos melhores grupos/ fizeram tudo/ todo mundo participou(...) / então tá resolvido a minha nota/ vocês fizeram o teste com o pincel/ vocês fizeram o teste com espalhado(...)/ o fixador que deu (?) Vocês fizeram com óleo para evaporar/ sem evaporar/não teve um negócio assim (?)

Fig. 2. Turno de fala do professor com avaliação da atividade do grupo

A postura ativa de pesquisa do grupo em todas as aulas da disciplina nos permite afirmar que o seu envolvimento não se restringiu a um motivo escolar. Na aula 9, eles já tinham os resultados que eram considerados suficientes para a produção dos trabalhos da disciplina, o cravo da índia repelia as formigas, mesmo em soluções menos concentradas.

Entretanto, o grupo se empenhou na realização de experimentos e no levantamento de hipóteses que se relacionavam ao objetivo de obter um produto que tivesse uma ação duradoura e que não manchasse as superfícies em que seria aplicado. Os alunos se mantiveram engajados na atividade por um motivo que extrapolava a situação escolarizada, o que os levou a enfrentar muitos desafios com pesquisa, criatividade e diálogo, com o investimento na proposição e execução de alternativas – verificação da ação repelente do extrato seco, utilização e verificação da ação repelente de extrato produzidos com o uso de óleo mineral e fixador de essências.

Ao longo do desenvolvimento da atividade do grupo, percebemos a expressão de algumas operações epistêmicas, como o levantamento de hipóteses, identificação de variáveis, etc. Essas habilidades provavelmente foram aprendidas em outras situações, tanto cotidianas quanto escolares e as circunstâncias favoreceram ou exigiram a sua emergência na forma de operações (Leontiev, 2004). Existem evidências nos dados coletados de que a disciplina favoreceu um desenvolvimento de algumas habilidades por meio de um processo da transformação de ações em operações.

Uma dessas evidências pôde ser obtida na comparação entre as aulas de produção 2 e 9, nas quais notamos uma diferença no comportamento do grupo (figura 3).

Exemplos de turnos de fala sobre a produção de extrato de cravo da índia (episódio 2 da aula 1)

Ana: Com o nós vamos fazer um extrato de cravo da índia (?)
 Juan: Extrato (?)
 Ana: De cravo da índia (?)
 Débora: Soca ela/ vira pó.
 Juan: É igualzinho/ hidrata(!) Deixa hidratando primeiro depois moi/ Deixa um dia para o outro lá na água hidratando/ No outro dia faz igual aqui.
 Ana: Dá(?) Você já tentou(?)
 Juan: Não/ mas deve dá certo.

Descrição da produção de extrato de cravo da índia (episódio 2 da aula 9):

Juan fazia a maceração dos cravos e Patricia cortava o papel para o encaixe no filtro. Ana e Fabiana observavam as embalagens com as formigas. Juan realizava os procedimentos em silêncio. Ana e Fabiana com eçam a discutir com colegas de outros grupos sobre assuntos diversos.

Fig. 3. Comparação de episódios das aulas 2 e 9

Na aula 2, os alunos executaram a investigação de forma consciente e atenta, com turnos de fala, na maioria das vezes voltados para o desenvolvimento dos procedimentos de investigação e para a resolução dos problemas enfrentados. Já na aula 9, eles os fizeram automaticamente, sem qualquer menção ao que faziam, muitas vezes comentando assuntos diversos.

Outro exemplo escolhido para sustentar a hipótese de que a disciplina propiciou o desenvolvimento de habilidades ao grupo investigado está relacionado à compreensão e ao uso de conceitos estatísticos.

Na microanálise das interações, observa-se no primeiro momento, o professor tenta explicar como a estatística pode fornecer elementos para verificar a qualidade de um dado. Porém, essa contribuição do professor é interpretada de maneira equivocada (figura 4).

Episódio e aula	Turnos de fala	Comentários
Episódio da aula 3	3 Professor: (...) é entrar um pouco em estatística/ aí/ eu sei que vocês não tiveram estatística ainda/ (...) a ideia da estatística seria o seguinte é ver qual a probabilidade de por acaso a gente não ter aquele efeito/ (...)	Intervenção do professor sobre a importância da estatística.
Episódio da aula 3	4 Professor Carlos: No caso de vocês aí/ quer dizer/ o que vocês/ se vocês aplicarem um teste significativo/ mesmo que/ um a proporção ((de formigas)) não fosse lá ((saísse do aquário e atravessasse a barreira de cebolinhas)), ficasse no ninho/ você ia chegar a conclusão que o efeito não foi estatisticamente significativo. Ana: Ahã/ Ahã!	Tentativa de exemplificação do professor. Grupo sinaliza entendimento
Episódio da aula 3	11 Thiago: O que que o Carlos falou(?) Eu cheguei atrasado o que vocês estavam conversando aí(?) Ana: Ah(!) Ele falou um negócio de estatística/ a gente tem que começar a pensar quanto// Patrícia: Quanto que de valor mínimo ((de formigas que atravessam a barreira de gotas de extrato)) é aceitável. Ana: Ele falou um pouco assim/ qual que o valor aceitável/ qual que não vai ser/ entendeu(?) Thiago: Ah sim/ entendi(!) Patrícia: Quantidade que pode sair que não vai deixar o nosso// Ana: Não precisa ser cento por cento para dar certo/ pode ser que cinco 5% saiu e os outros 95 ficaram por aí/ ela tem//	Solicitação de informação por integrante do grupo. Evidências de compreensão equivocada da explicação do professor

Fig. 4. Turnos de fala relacionados a introdução dos conceitos estatísticos

Na aula 6, em que os alunos se dedicam a produção de resultados em condições padronizadas, os conceitos estatísticos voltaram a ser tema das discussões do grupo (figura 5).

Nas interações, evidencia-se que os alunos não compreenderam as primeiras explicações sobre estatística. A partir desta constatação, observamos uma atuação do professor que visava à explicação dos conceitos. Ele empregou diversos recursos como introdução de conceitos, a exemplificação, a relação entre o que foi exposto e projeto executado. Além disso, ele destacou a importância dos dados estatísticos para a atividade científica.

Episódio e aula	Turnos de fala	Comentários
Episódio 10 da aula 6	<p>Ana: A gente não sabe qual vai ser o nosso desvio-padrão assim sabe(?)</p> <p>Débora: Ah é(!)</p> <p>Ana: A gente tinha pensado assim cinco por cento? ai cinco por cento é um número muito pequeno/ né (?)</p> <p>Professor Márcio: Mas desvio-padrão é vocês é que definem(?)</p> <p>Ana: É uai (!)</p> <p>Professor Márcio: Por que é vocês é que definem (?)</p> <p>Ana: Porque o Carlos ((outro professor)) é que falou com gente/ vocês tem que definir até quando podem//</p> <p>Professor Márcio: Mas definir não significa que vocês escolher um valor não/ uai(!)</p> <p>Ana: Uai/ mas como é que a gente vai definir então (?)</p> <p>(...)</p> <p>Professor Márcio: Ou ele está ou não está morto/ você que define(?) Como vocês acham que/ quem define o erro da medida(?) Por que desvio-padrão não é/ não tem haver com o erro da medida(?) Quem que define o erro de uma medida(?) Obviamente que você define o erro/ você tem um componente/ se você lê errado/ concorda(?) Se você leu a medida errada você ajuda a definir o erro/ mas essencialmente quem é que define o erro(?) Por exemplo/ se você usa uma trena para medir um/ sei lá/ uma molécula/ você vai ter muita precisão ou baixa precisão(?)</p> <p>Ana: Pouca precisão.</p> <p>Professor Márcio: Baixa precisão/ então seu erro maior/ se você usar uma régua daquela ali ((aponta para régua escolar sobre a bancada)) você falará assim/ um milímetro mais ou menos zero vírgula/ nove/ nove/ milímetros/ entendeu(?) Então não tem como/ quem define a sua precisão é o aparelho/ o aparelho tem um erro de medida/ mas vocês aí não tem//</p> <p>(...)</p> <p>Professor Márcio: Esse desvio tem uma/ assim/ toda vez que você repetir um experimento/ a chance que esse experimento dê dentro daquele valor/ qual a probabilidade daquele experimento está dentro daquele valor (?)/ quanto menor o desvio mais preciso é/ a chance de você esteja dentro daquela faixa é muito grande/ e quando você tem um desvio muito grande/ seu experimento tende dar uma ((gesticula demonstrando ondas))/ você pode ter vários valores ali/ isso que garante a precisão do seu experimento/ ah(!) realmente? eu faço três vezes/ quatro vezes/ cinco vezes/ dez/ vinte/ cem vezes/ se eu fizer uma próxima vez/ qual é a chance daquele resultado da próxima vez ser bem parecido com aquele que já fiz (?)</p>	<p>Exposição da compreensão equivocada do grupo.</p> <p>Professor apresenta uma explicação com introdução de conceitos, exemplificando, relacionando com o projeto e checando o entendimento dos alunos</p> <p>Apresentação do significado dos valores estatísticos para atividade científica</p>

Fig. 5. Turnos de fala com trechos da explicação dada por um dos professores da disciplina

Nas aulas 9 e 10, os alunos realizaram os experimentos e procederam os cálculos da média e do desvio-padrão (figura 6).

Episódio e aula	Turnos de fala	Comentários
Episódio 7 da aula 11	<p>Patrícia: Deu dois vírgula seis</p> <p>Juan: Doze vírgula seis</p> <p>Ana: Deu alto/né(?) o outro deu menos/ alto assim/ comparado ao outro/</p> <p>Juan: Uai/ deixa eu ver/ posso ver (?)</p> <p>Ana: Estranho né(?)</p> <p>Juan: Ah (!) dois vírgula seis/ tá ótimo (!)</p>	<p>Patrícia realiza os cálculos do desvio-padrão de testes realizados em dias anteriores.</p> <p>Juan escuta valor diferente do que foi falado e demonstra espanto.</p> <p>Juan confere e dá ciência ao valor informado</p>

Fig. 6. Turnos de fala relacionados à produção de dados estatísticos

Essa interação evidencia uma compreensão do conceito de desvio-padrão. Quando Patrícia enunciou um valor que foi entendido de forma muito diferente, percebe-se um estranhamento de integrantes, pois o valor indicava que a variação entre os resultados dos três ensaios experimentais da aula foi muito grande. Com a confirmação de um valor de desvio padrão bem inferior, a avaliação mudou. A variação entre os resultados foi pequena, o que deu credibilidade aos dados obtidos.

Analisando todo o processo de aprendizagem dos conceitos estatísticos, observa-se que nos primeiros momentos, pela atenção dedicada às explicações dos professores, bem como pelas discussões sobre a delimitação de um limite aceitável, que os objetivos dos alunos se voltavam ao domínio dos conceitos estatísticos. O entendimento e o aprendizado dessas ferramentas podem ser qualificados como uma ação. Com o desenvolvimento da atividade, surgiu outra ação: a produção de resultados considerados cientificamente válidos e legítimos. Nesse momento, os procedimentos de cálculos e a produção de valores de desvio padrão passaram a serem condições para obter esse tipo de resultados, ou seja, podem ser considerados operações.

CONCLUSÕES

Ressaltamos a agenda da disciplina como um dos pontos significativos do processo de educação científica analisado, pois quando se estabelece aulas com características distintas, são favorecidas situações específicas seja para a comunicação seja para a produção do conhecimento científico escolar, o que reflete a natureza dual da atividade científica (Latour e Woolgar, 1997). Neste ambiente de aprendizagem os estudantes puderam desempenhar afazeres que envolveram um engajamento físico com elementos da investigação, mas também se engajaram em conversações nas quais dados, argumentos e procedimentos poderiam ser apresentados, defendidos e questionados (Magnusson et al, 2006).

Os dois exemplos de transformação das ações em operações epistêmicas permitem enfatizar um peculiar tipo de aprendizado oportunizado pela disciplina. Na atividade do grupo, eles aprenderam praticando e o que aprenderam foi necessário para o desenvolvimento e para o entendimento de sua própria investigação. Esse aprendizado envolveu a troca e a complementação de ideias, a observação do trabalho do outro e o emprego de operações epistêmicas que foram aprendidas tanto na atividade quanto em outros processos de escolarização ou em outras situações da vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ENGESTRÖM, Y. (1987) Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research, 1987 Orienta-Konsultit Helsinki.). Versão online, disponível em: <http://lchc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.htm>. Último acesso 14/11/2010.
- KELLY, G. J. (2005) Inquiry, activity and epistemic practice. IN: Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda, 16-18 de fevereiro de 2005, New Brunswick, New Jersey, EUA.
- KELLY, G. J.; DUSCHL, R. A. (2002) Toward a research agenda for epistemological studies in science education. IN: Annual meeting of the National association for research in Science Education, abril de 2002, Nova Orleans, Louisiana, EUA.
- LATOUR, B., WOOLGAR, S. (1997). *A vida de laboratório: a construção dos fatos científicos*. Relume-Dumará: Rio de Janeiro.
- LEONTIEV, A. N. (2004) *O desenvolvimento do psiquismo*. São Paulo: Centauro.
- MAGNUSSON, S. J., PALINCSAR, A. S. (2006) Community, culture, and conversation in inquiry based science instruction. IN: FLICK, L. D., LEDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education*. Netherlands: Springer.
- SANDOVAL, W. A. (2005) Understanding students' practical epistemologies and their Influence on learning through inquiry. *Science Education* 89 (4) pp. 634– 656.